

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-304719

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.Cl.

G01N 27/416

G01N 27/419

G01N 27/409

(21)Application number : 11-111242

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 19.04.1999

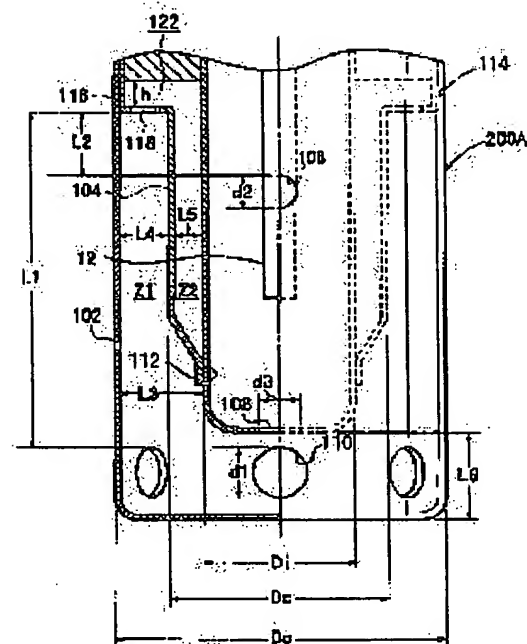
(72)Inventor : KATO NOBUHIDE
IKOMA NOBUKAZU
HAMADA YASUHIKO

(54) GAS SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a gas sensor provided with both of high water scattering resistance and rapid responsiveness by reducing the gas diffusing rate as low as possible in a protective cover having water scattering resistance.

SOLUTION: The sum total of the most approach interval L1 between the outer gas introducing hole 110 of an outer protective cover 102 and the slit 118 provided to the flange part 114 of an intermediate protective cover 104 in the axial direction and the most approach interval L2 between the slit 118 of the intermediate protective cover 104 and the inner gas introducing hole 106 of an inner protective cover in an axial direction is set to an least 10 mm or more. Gaps where water is not accumulated by interfacial tension are provided between the outer protective cover 102 and the intermediate protective cover 104 in a radial direction and between the outer protective cover 102 and the inner protective cover in a radial direction.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-304719

(P2000-304719A)

(43) 公開日 平成12年11月2日 (2000.11.2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テグメント (参考)
G 0 1 N	27/416	G 0 1 N 27/46	3 3 1 2 G 0 0 4
	27/419		3 1 1 J
	27/409		3 2 7 H
		27/58	B

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-111242

(22) 出願日 平成11年4月19日 (1999.4.19)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市中区瑞穂区須田町2番56号

(72) 発明者 加藤 伸秀

愛知県名古屋市中区瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 生駒 信和

愛知県名古屋市中区瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 100077665

弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

最終頁に続く

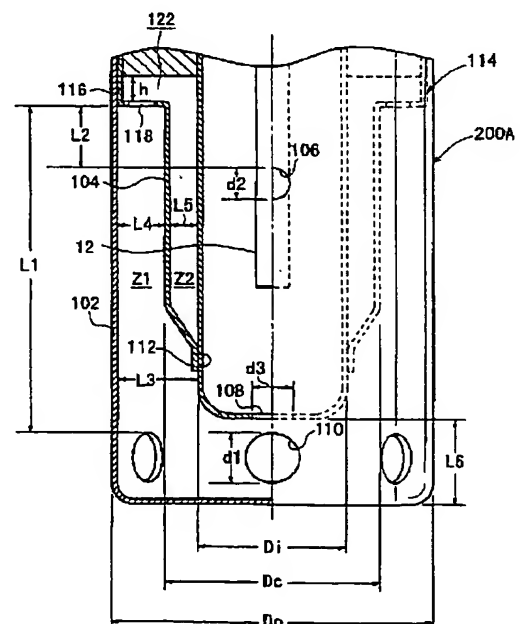
(54) 【発明の名称】 ガスセンサ

(57) 【要約】

【課題】耐飛水性のある保護カバーにおいて、ガスの拡散律速をできるだけ小さくして、高い耐飛水性と速い応答性を兼ね備えるようにする。

【解決手段】外側保護カバー102の外側ガス導入孔110と中間保護カバー104におけるフランジ部114に設けられたスリット118の軸方向における最近接間隔L1と中間保護カバー104のスリット118と内側保護カバー100の内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2との合計を少なくとも10mm以上とする。外側保護カバー102と中間保護カバー104との径方向の間、並びに外側保護カバー102と内側保護カバー100との径方向の間に、界面張力により水が溜まらない空隙を設ける。

FIG. 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 導入された被測定ガスのうちの所定ガス成分を測定するセンサ素子と、該センサ素子を取り囲むように配置された保護カバーを有するガスセンサにおいて、

前記保護カバーは、前記センサ素子の少なくとも先端部を覆う内側保護カバーと、

前記内側保護カバーを覆う外側保護カバーと、

前記内側保護カバーと前記外側保護カバーとの間に設置された中間保護カバーとを具備し、

前記内側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記センサ素子に対向する位置に形成された内側ガス導入孔と、底部に形成された内側ガス排出孔とを有し、

前記外側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔に対向しない位置に外側ガス導入孔を有し、

前記中間保護カバーは、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔と前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔に対向しない位置に中間ガス導入孔を有することを特徴とするガスセンサ。

【請求項2】 請求項1記載のガスセンサにおいて、前記外側ガス導入孔と前記中間ガス導入孔の軸方向における最近接間隔と、前記中間ガス導入孔と前記内側ガス導入孔の軸方向における最近接間隔との合計が、少なくとも10mm以上であることを特徴とするガスセンサ。

【請求項3】 請求項1又は2記載のガスセンサにおいて、

前記外側保護カバーと前記中間保護カバーとの径方向の間、並びに前記外側保護カバーと前記内側保護カバーとの径方向の間に、界面張力により水が溜まらない空隙を有することを特徴とするガスセンサ。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項に記載のガスセンサにおいて、

前記中間保護カバーは、筒状に形成され、その前部に前記内側保護カバーを挿通する開口が形成され、後部に前記外側保護カバーの内壁に当接するフランジ部を有することを特徴とするガスセンサ。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項に記載のガスセンサにおいて、

前記中間保護カバーは、有底筒状に形成され、その底部に中間ガス排出孔が形成されていることを特徴とするガスセンサ。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項に記載のガスセンサにおいて、

前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔の一部は、該外側保護カバーの側面のうち、前記内側ガス排出孔あるいは中間ガス排出孔と外側保護カバーの底部との間に設けられていることを特徴とするガスセンサ。

【請求項7】 請求項4～6のいずれか1項に記載のガスセンサにおいて、

前記中間保護カバーにおけるフランジ部に前記中間ガス導入孔が形成されていることを特徴とするガスセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば、車両の排出ガスや大気中に含まれるNO、NO₂、SO₂、CO₂、H₂O等のガス成分を測定するガスセンサに関し、特に、センサ素子を取り囲むように配置された保護カバーを有するガスセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、酸素イオン伝導体を用いた酸素センサ、NO_xセンサ（特開平8-271476号公報参照）、HCセンサ（特開平8-247995号公報参照）、プロトンイオン伝導体を用いた水素センサ、H₂Oセンサ、あるいはSnO₂やTiO₂等の酸化物半導体を用いた酸素センサや各種ガスセンサなど、様々なガスセンサが提案され、実用化されている。

【0003】 これらのガスセンサのうち、ZrO₂を用いた酸素センサやTiO₂を用いた酸素センサは、自動車の排気ガス環境下においても安定した性能を保つことから、広く自動車の排気ガス中の酸素濃度制御あるいはA/F制御用として用いられている。また、ZrO₂を用いたNO_xセンサも自動車のNO_x制御用として実用段階に入っている。

【0004】 そして、内燃機関の排気管に取り付けられる酸素センサとしては、実開平1-169350号公報に示されるように、センサ素子部の周囲に排ガスの流れを均一にするようにした保護カバーや、エンジンの始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を防止するようにした保護カバーが知られている。また、二重構造の保護カバーを取り付けた酸素センサとしては、米国特許第4597850号公報、米国特許第4683049号公報に示されるものが公知になっている。

【0005】 これらの従来の保護カバーのうち、水掛かりを防止した耐飛水性の保護カバーにおいては、ガスセンサでの応答性が遅くなるおそれがある。そこで、二重構造の保護カバーのうち、センサ素子に近接する内側保護カバーの内側ガス導入孔をセンサ素子に対向して設けることによって応答性を向上させたものが提案されている（特許第2641346号公報参照）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述の従来例においては、触媒の前方に設置することを念頭に設計されており、触媒の後方に設置して使用した場合、耐飛水性（エンジン始動時に発生する凝縮水の付着を防止する性能）の点で問題があることが判明した。

【0007】 このように、応答性を速くするために、保護カバーの構造を被測定ガスの入り量を増加させた構造にすると、エンジンの始動時に発生する凝縮水も同様に浸入しやすくなる。即ち、センサ素子への水掛かりの防

止効果と応答性の向上とは背反する関係にあり、これらの効果を同時に満足することは困難である。

【0008】一方、酸素センサの機能を有する NO_x センサを NO_x 吸蔵触媒の下流側に取り付けて、触媒に吸蔵された NO_x を還元するために、排気ガスの空燃比をリーン（酸素過剰雰囲気）から理論空燃比又はリッチに切り換え、触媒から NO_x が完全に放出された段階で再びリーンに戻すというサイクルを考えた場合、触媒から NO_x が完全に放出されたことを早期に検出できれば、触媒から漏洩する未燃焼ガスを少なくすることができ

る。

【0009】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、耐飛水性のある保護カバーにおいて、ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、高い耐飛水性と速い応答性とを兼ね備えた新規の保護カバーを有するガスセンサを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、導入された被測定ガスのうちの所定ガス成分を測定するセンサ素子と、該センサ素子を取り囲むように配置された保護カバーを有するガスセンサにおいて、前記保護カバーは、前記センサ素子の少なくとも先端部を覆う内側保護カバーと、前記内側保護カバーを覆う外側保護カバーと、前記内側保護カバーと前記外側保護カバーとの間に設置された中間保護カバーとを有する。

【0011】即ち、本発明に係るガスセンサに使用される保護カバーは、内側保護カバーと外側保護カバーからなる2重構造のカバーに、中間保護カバーを設けた3重構造としているため、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛り）を有効に防止することができ、しかも、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることが可能となり、速い応答性を図ることができる。

【0012】これにより、例えばこのガスセンサを NO_x 吸蔵触媒の下流側に取り付けて、触媒に吸蔵された NO_x を還元するために、排気ガスの空燃比をリーンから理論空燃比又はリッチに切り換え、触媒から NO_x が完全に放出された段階で再びリーンに戻すというサイクルを考えたとき、触媒から NO_x が完全に放出されたことを早期に検出できるようになり、触媒から漏洩する未燃

焼ガスを少なくすることができる。

【0013】前記構成において、前記内側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記センサ素子に対向する位置に内側ガス導入孔が形成され、底部に内側ガス排出孔が形成され、前記外側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔に対向しない位置に外側ガス導入孔を有し、前記中間保護カバーは、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔と前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔に対向しない位置に中間ガス導入孔を有する。

【0014】これにより、外側保護カバーの外側ガス導入孔から入った水は、その大部分が中間保護カバーの側面や内側保護カバーの側面に当たり、ガスセンサ内方への浸入が阻止される。即ち、水のセンサ素子への浸入が阻止され、水は外側保護カバーの外側ガス導入孔を通じて遅滞なく外部に排出されることになる。

【0015】しかも、外側保護カバーの外側ガス導入孔から入った被測定ガスは、中間保護カバーの中間ガス導入孔と内側保護カバーの内側ガス導入孔を通じてセンサ素子に達し、その後、内側保護カバーの底部に形成されたガス排出孔と外側保護カバーの外側ガス導入孔を通じて排出されることになるが、内側保護カバーの底部のガス排出孔付近が負圧となるため、被測定ガスは前記流路を急速に流れることになる。これにより、被測定ガスの拡散律速が小さくなり、速い応答性を図ることができる。

【0016】そして、前記構成において、前記外側ガス導入孔と前記中間ガス導入孔の軸方向における最近接間隔と、前記中間ガス導入孔と前記内側ガス導入孔の軸方向における最近接間隔との合計を、少なくとも10mm以上とすることが好ましく、更に好ましくは18mm以上である。

【0017】また、前記外側保護カバーと前記中間保護カバーとの径方向の間、並びに前記外側保護カバーと前記内側保護カバーとの径方向の間に、界面張力により水が溜まらない空隙を有することが好ましい。

【0018】前記構成において、前記中間保護カバーを筒状に形成し、その前部に前記内側保護カバーを挿通する開口を形成し、後部に前記外側保護カバーの内壁に当接するフランジ部を設けるようにしてもよい。また、前記中間保護カバーを有底筒状に形成し、その底部に中間ガス排出孔を形成するようにしてもよい。

【0019】前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔の一部を、該外側保護カバーの側面のうち、前記内側ガス排出孔あるいは中間ガス排出孔と外側保護カバーの底部との間に設けるようにしてもよい。

【0020】また、前記中間保護カバーにおけるフランジ部に前記中間ガス導入孔を形成するようにしてもよい。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るガスセンサの実施の形態例を図1～図15を参照しながら説明する。

【0022】本実施の形態に係るガスセンサ10は、図1に示すように、導入された被測定ガス（排気ガス）のうちの所定ガス成分、例えば NO_x 等を測定するセンサ素子12と、該センサ素子12の先端部を取り囲むように配置された保護カバー200A等とを有して構成されている。

【0023】センサ素子の説明

センサ素子12は、図3に示すように、 ZrO_2 等の酸

素イオン導伝性固体電解質を用いたセラミックスによりなる例えば6枚の固体電解質層14a~14fが積層されて構成された基体16を有する。

【0024】この基体16は、下から1層目及び2層目が第1及び第2の基板層14a及び14bとされ、下から3層目及び5層目が第1及び第2のスペーサ層14c及び14eとされ、下から4層目及び6層目が第1及び第2の固体電解質層14d及び14fとされている。

【0025】第2の基板層14bと第1の固体電解質層14dとの間には、酸化物測定のための基準となる基準ガス、例えば大気を導入される空間（基準ガス導入空間18）が、第1の固体電解質層14dの下面、第2の基板層14bの上面及び第1のスペーサ層14cの側面によって区画、形成されている。

【0026】第2の固体電解質層14fの下面と第1の固体電解質層14dの上面との間には、被測定ガス中の酸素分圧を調整するための第1室20と、被測定ガス中の酸素分圧を微調整し、更に被測定ガス中の酸化物、例えば窒素酸化物（ NO_x ）を測定するための第2室22が区画、形成される。

【0027】そして、このセンサ素子12は、第2のスペーサ層14eの前端部に緩衝空間24が形成され、該緩衝空間24の前方に第1の拡散律速部26が形成されている。この第1の拡散律速部26の前端開口はガス導入口28を構成している。

【0028】また、前記緩衝空間24と前記第1室20は、第2の拡散律速部30を介して連通され、第1室20と第2室22は、第3の拡散律速部32を介して連通されている。即ち、前記緩衝空間24は、前記第2のスペーサ層14eの前端部において、第2の固体電解質層14fの下面、第1の固体電解質層14dの上面、第1の拡散律速部26及び第2の拡散律速部30にて区画、形成されるようになっている。

【0029】ここで、第1、第2及び第3の拡散律速部26、30及び32は、緩衝空間24、第1室20及び第2室22にそれぞれ導入される被測定ガスに対して所定の拡散抵抗を付与するものであり、この例では、被測定ガスを導入することができる所定の断面積を有した縦長のスリットとして形成されている。これら縦長のスリットは、共に第2のスペーサ層14eの幅方向ほぼ中央部分に形成されている。

【0030】なお、第3の拡散律速部32のスリット内に、 ZrO_2 等からなる多孔質体を充填、配置して、前記第3の拡散律速部32の拡散抵抗が第2の拡散律速部30の拡散抵抗よりも大きくなるようにしてもよい。第3の拡散律速部32の拡散抵抗は第2の拡散律速部30のそれよりも大きい方が好ましいが、小さくても問題はない。

【0031】そして、前記第3の拡散律速部32を通じて、第1室20内の雰囲気ガスが所定の拡散抵抗の下に第2

室22内に導入されることとなる。

【0032】また、前記第2の固体電解質層14fの下面のうち、前記第1室20を形づくる下面全面に、平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる内側ポンプ電極40が形成され、前記第2の固体電解質層14fの上面のうち、前記内側ポンプ電極40に対応する部分に外側ポンプ電極42が形成されており、これら内側ポンプ電極40、外側ポンプ電極42並びにこれら両電極40及び42間に挟まれた第2の固体電解質層14fにて電気化学的なポンプセル、即ち、主ポンプセル44が構成されている。

【0033】そして、前記主ポンプセル44における内側ポンプ電極40と外側ポンプ電極42間に、外部の可変電源46を通じて所望の制御電圧（ポンプ電圧） V_p を印加して、外側ポンプ電極42と内側ポンプ電極40間に正方向あるいは負方向にポンプ電流 I_p を流すことにより、前記第1室20内における雰囲気中の酸素を外部の外部空間に汲み出し、あるいは外部空間の酸素を第1室20内に汲み入れることができるようになっている。

【0034】また、前記第1の固体電解質層14dの下面のうち、基準ガス導入空間18に露呈する部分に基準電極48が形成されており、前記内側ポンプ電極40及び基準電極48並びに第2の固体電解質層14f、第2のスペーサ層14e及び第1の固体電解質層14dによって、電気化学的なセンサセル、即ち、酸素分圧検出セル50が構成されている。

【0035】この酸素分圧検出セル50は、第1室20内の雰囲気と基準ガス導入空間18内の基準ガス（大気）との間の酸素濃度差に基づいて、内側ポンプ電極40と基準電極48との間に発生する起電力を通じて、前記第1室20内の雰囲気中の酸素分圧を検出できるようになっている。

【0036】検出された酸素分圧値は可変電源46をフィードバック制御するために使用され、具体的には、第1室20内の雰囲気中の酸素分圧が、次の第2室22において酸素分圧の制御を行い得るのに十分な低い所定の値となるように、主ポンプ用のフィードバック制御系52を通じて主ポンプセル44のポンプ動作が制御される。

【0037】このフィードバック制御系52は、内側ポンプ電極40の電位と基準電極48の電位の差（検出電圧 V_0 ）が、所定の電圧レベルとなるように、外側ポンプ電極42と内側ポンプ電極40間のポンプ電圧 V_p をフィードバック制御する回路構成を有する。

【0038】従って、主ポンプセル44は、第1室20に導入された被測定ガスのうち、酸素を前記ポンプ電圧 V_p のレベルに応じた量ほど汲み出す、あるいは汲み入れる。そして、前記一連の動作が繰り返されることによって、第1室20における酸素濃度は、所定レベルにフィードバック制御されることになる。

10

20

30

40

50

【0039】なお、前記内側ポンプ電極40及び外側ポンプ電極42を構成する多孔質サーメット電極は、Pt等の金属とZrO₂等のセラミックスとから構成されることになるが、被測定ガスに接触する第1室20内に配置される内側ポンプ電極40は、測定ガス中のNO成分に対する還元能力を弱めた、あるいは還元能力のない材料を用いる必要があり、例えばLa₃CuO₄等のペロブスカイト構造を有する化合物、あるいはAu等の触媒活性の低い金属とセラミックスのサーメット、あるいはAu等の触媒活性の低い金属とPt族金属とセラミックスのサーメットで構成されることが好ましい。更に、電極材料にAuとPt族金属の合金を用いる場合は、Au添加量を金属成分全体の0.03～35vol%にすることが好ましい。

【0040】一方、前記第2の固体電解質層14fの下面のうち、前記第2室22を形づくる下面全面には、平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる補助ポンプ電極60が形成されており、前記主ポンプセル44の外側ポンプ電極42及び前記補助ポンプ電極60並びに第2の固体電解質層14fにて補助的な電気化学的ポンプセル、即ち、補助ポンプセル62が構成されている。

【0041】そして、前記補助ポンプセル62における外側ポンプ電極42と補助ポンプ電極60間に、外部の補助可変電源64を通じて所望の補助制御電圧V_{p1}を印加することにより、第2室22内の雰囲気中の酸素を外部空間に汲み出す、あるいは外部空間の酸素を第2室22内に汲み入れるようになっている。

【0042】また、前記補助ポンプ電極60及び基準電極48並びに第2の固体電解質層14f、第2のスペーサ層14e及び第1の固体電解質層14dによって、電気化学的なセンサセル、即ち、補助酸素分圧検出セル66が構成され、この補助酸素分圧検出セル66は、第2室22内の雰囲気と基準ガス導入空間18内の基準ガス（大気）との間の酸素濃度差に基づいて補助ポンプ電極60と基準電極48との間に発生する起電力を通じて、前記第2室22内の雰囲気中の酸素分圧を検出できるようになっている。

【0043】検出された酸素分圧値は補助可変電源64をフィードバック制御するために使用され、具体的には、第2室22内の雰囲気中の酸素分圧が、実質的に被測定ガス成分（NO_x）が還元又は分解され得ない状況下で、かつ目的成分量の測定に実質的に影響がない低い酸素分圧値となるように補助フィードバック制御系68を通じて補助ポンプセル62のポンプ動作が制御される。

【0044】この補助フィードバック制御系68は、補助ポンプ電極60の電位と基準電極48の電位の差（補助検出電圧）V₁が、所定の電圧レベルとなるように、外側ポンプ電極42と補助ポンプ電極60間の電圧（補助制御電圧）V_{p1}をフィードバック制御する回路構成を有する。

【0045】従って、補助ポンプセル62は、第2室22に導入された被測定ガスのうち、酸素を前記補助制御電圧V_{p1}のレベルに応じた量ほど汲み出す、あるいは汲み入れる。そして、前記一連の動作が繰り返されることによって、第2室22における酸素濃度は、所定レベルにフィードバック制御されることになる。

【0046】この場合、前記第1室20における主ポンプセル44の働きにより、この第2室22内に導入される酸素の量の変化は、被測定ガスの変化よりも大幅に縮小されるため、第2室22における酸素分圧は精度よく一定に制御される。

【0047】このセンサ素子12においては、前記第1の固体電解質層14dの上面のうち、前記第2室22を形づくる上面であって、かつ第3の拡散律速部32から離間した部分に、平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる検出電極70が形成され、この検出電極70を被覆するように、第4の拡散律速部72を構成するアルミナ膜が形成されている。そして、該検出電極70、前記基準電極48及び第1の固体電解質層14dによって、電気化学的なポンプセル、即ち、測定用ポンプセル74が構成される。

【0048】前記検出電極70は、被測定ガス成分たるNO_xを還元し得る金属であるRhとセラミックスとしてのジルコニアからなる多孔質サーメットにて構成され、これによって、第2室22内の雰囲気中に存在するNO_xを還元するNO_x還元触媒として機能するほか、前記基準電極48との間に、直流電源（定電圧電源）76を通じて一定電圧V_{p2}が印加されることによって、第2室22内の雰囲気中の酸素を基準ガス導入空間18に汲み出せるようになっている。この測定用ポンプセル74のポンプ動作によって流れるポンプ電流I_{p2}は、電流計によって検出されるようになっている。

【0049】前記定電圧電源76は、第4の拡散律速部72により制限されたNO_xの流入下において、測定用ポンプセル74で分解時に生成した酸素のポンピングに対して限界電流を与える大きさの電圧を印加できるようになっている。

【0050】更に、このセンサ素子12においては、第1及び第2の基板層14a及び14bにて上下から挟まれた形態において、外部からの給電によって発熱するヒータ80が埋設されている。このヒータ80は、酸素イオンの伝導性を高めるために設けられるもので、該ヒータ80の上下面には、基板層14a及び14bとの電気的絶縁を得るために、アルミナ等のセラミック層82が形成されている。

【0051】前記ヒータ80は、図示するように、第1室20から第2室22の全体にわたって配設され、更にヒータ80に接続されたヒータ出力コントローラ84による制御によって、第1室20及び第2室22がそれぞれ所定の温度に加熱され、併せて主ポンプセル44、酸

素分圧検出セル50、補助ポンプセル62及び測定用ポンプセル74も所定の温度に加熱、保持されるようになっている。この場合、ヒータ80の正側リード線はヒータ出力コントローラ84を通じてヒータ電源86に接続され、ヒータ80の負側リード線は接地（GND）とされている。

【0052】そして、このセンサ素子12においては、前記主ポンプセル44における外側ポンプ電極42がヒータ80の正側リード線に接続されて構成される。

【0053】次に、このセンサ素子12の動作について説明する。まず、センサ素子12の先端部側が外部空間に配置され、これによって、被測定ガスは、第1の拡散律速部26、緩衝空間24及び第2の拡散律速部30を通じて所定の拡散抵抗の下に、第1室20に導入される。この第1室20に導入された被測定ガスは、主ポンプセル44を構成する外側ポンプ電極42及び内側ポンプ電極40間に所定のポンプ電圧 V_{p0} が印加されることによって引き起こされる酸素のポンピング作用を受け、その酸素分圧が所定の値、例えば 10^{-7} atmとなるように制御される。この制御は、フィードバック制御系52を通じて行われる。

【0054】なお、第2の拡散律速部30は、主ポンプセル44にポンプ電圧 V_{p0} を印加した際に、被測定ガス中の酸素が測定空間（第1室20）に拡散流入する量を絞り込んで、主ポンプセル44に流れる電流を抑制する働きをしている。

【0055】また、第1室20内においては、外部の被測定ガスによる加熱、更にはヒータ80による加熱環境下においても、内側ポンプ電極40にて雰囲気中のNOが還元されない酸素分圧下の状態、例えば $NO \rightarrow 1/2 N_2 + 1/2 O_2$ の反応が起こらない酸素分圧下の状況が形成されている。これは、第1室20内において、被測定ガス（雰囲気）中のNOが還元されると、後段の第2室22内での NO_x の正確な測定ができなくなるからであり、この意味において、第1室20内において、NOの還元に関与する成分（ここでは、内側ポンプ電極40の金属成分）にてNOが還元され得ない状況を形成する必要がある。具体的には、前述したように、内側ポンプ電極40にNO還元性の低い材料、例えばAuとPtの合金を用いることで達成される。

【0056】そして、前記第1室20内のガスは、第3の拡散律速部32を通じて所定の拡散抵抗の下に、第2室22に導入される。この第2室22に導入されたガスは、補助ポンプセル62を構成する外側ポンプ電極42及び補助ポンプ電極60間に補助制御電圧 V_{p1} が印加されることによって引き起こされる酸素のポンピング作用を受け、その酸素分圧が一定の低い酸素分圧値となるように微調整される。

【0057】前記第3の拡散律速部32は、前記第2の拡散律速部30と同様に、補助ポンプセル62に補助制

御電圧 V_{p1} を印加した際に、被測定ガス中の酸素が測定空間（第2室22）に拡散流入する量を絞り込んで、補助ポンプセル62に流れるポンプ電流 I_{p1} を抑制する働きをしている。

【0058】また、第2室22内においても、第1室20内と同様に、外部の被測定ガスによる加熱やヒータ80による加熱環境下において、補助ポンプ電極60によって、雰囲気中のNOが還元されない酸素分圧下の状態が形成されている。このため、前記補助ポンプ電極60においても、内側ポンプ電極40と同様に、測定ガス中のNO成分に対する還元能力を弱めた、あるいは還元能力のない材料を用いる必要があり、例えば La_3CuO_4 等のペロブスカイト構造を有する化合物、あるいはAu等の触媒活性の低い金属とセラミックスのサーメット、あるいはAu等の触媒活性の低い金属とPt族金属とセラミックスのサーメットで構成されることが好ましい。更に、電極材料にAuとPt族金属の合金を用いる場合は、Au添加量を金属成分全体の0.03～35vol%にすることが好ましい。

【0059】そして、上述のようにして第2室22内において酸素分圧が制御された被測定ガスは、第4の拡散律速部72を通じて所定の拡散抵抗の下に、検出電極70に導かれることとなる。

【0060】ところで、前記主ポンプセル44を動作させて第1室20内の雰囲気中の酸素分圧を NO_x 測定に実質的に影響がない低い酸素分圧値に制御しようとしたとき、換言すれば、酸素分圧検出セル50にて検出される電圧 V_0 が一定となるように、フィードバック制御系52を通じて可変電源46のポンプ電圧 V_{p0} を調整したとき、被測定ガス中の酸素濃度が大きく、例えば0～20%に変化すると、通常、第2室22内の雰囲気及び検出電極70付近の雰囲気中の各酸素分圧は、僅かに変化ようになる。これは、被測定ガス中の酸素濃度が高くなると、第1室20の幅方向及び厚み方向に酸素濃度分布が生じ、この酸素濃度分布が被測定ガス中の酸素濃度により変化するためであると考えられる。

【0061】しかし、このセンサ素子12においては、第2室22に対して、その内部の雰囲気中の酸素分圧を常に一定の低い酸素分圧値となるように、補助ポンプセル62を設けるようにしているため、第1室20から第2室22に導入される雰囲気中の酸素分圧が被測定ガスの酸素濃度に応じて変化しても、前記補助ポンプセル62のポンプ動作によって、第2室22内の雰囲気中の酸素分圧を常に一定の低い値とすることができ、その結果、 NO_x の測定に実質的に影響がない低い酸素分圧値に制御することができる。

【0062】そして、検出電極70に導入された被測定ガスの NO_x は、該検出電極70の周りにおいて還元又は分解されて、例えば $NO \rightarrow 1/2 N_2 + 1/2 O_2$ の反応が引き起こされる。このとき、測定用ポンプセル7

4を構成する検出電極70と基準電極48との間には、酸素が第2室22から基準ガス導入空間18側に汲み出される方向に、所定の電圧 V_{p2} 、例えば430mVが印加される。

【0063】従って、測定用ポンプセル74に流れるポンプ電流 I_{p2} は、第2室22に導かれる雰囲気中の酸素濃度、即ち、第2室22内の酸素濃度と検出電極70にて NO_x が還元又は分解されて発生した酸素濃度との和に比例した値となる。

【0064】この場合、第2室22内の雰囲気中の酸素濃度は、補助ポンプセル62にて一定に制御されていることから、前記測定用ポンプセル74に流れるポンプ電流 I_{p2} は、 NO_x の濃度に比例することになる。また、この NO_x の濃度は、第4の拡散律速部72に制限される NO_x の拡散量に対応していることから、被測定ガスの酸素濃度が大きく変化したとしても、測定用ポンプセル74から電流計を通じて正確に NO_x の濃度を測定することが可能となる。

【0065】このことから、測定用ポンプセル74におけるポンプ電流値 I_{p2} は、ほとんどが NO_x が還元又は分解された量を表し、そのため、被測定ガス中の酸素濃度に依存するようなこともない。

【0066】ところで、このセンサ素子12においては、外部空間における排気圧の脈動によって、ガス導入口28を通じて酸素がセンサ素子12内に急激に入り込むことになるが、この外部空間からの酸素は、直接第1室20に入り込まずに、その前段の緩衝空間24に入り込むことになる。つまり、排気圧の脈動による酸素濃度の急激な変化は、緩衝空間24によって打ち消され、第1室20に対する排気圧の脈動の影響はほとんど無視できる程度となる。

【0067】その結果、第1室20における主ポンプセル44による酸素ポンピング量と被測定ガス中の酸素濃度との相関性がよくなり、測定用ポンプセル74での測定精度の向上が図られることになると同時に、制御用酸素分圧検出セルを例えば空燃比を求めるためのセンサとして兼用させることが可能となる。

【0068】この場合、主ポンプセル44のポンプ電流 I_{p0} を通じて空燃比のリーンとリッチを検出することができ、外側ポンプ電極42と基準電極48間の電圧 V_3 を通じて空燃比のストイキを検出することができる。

【0069】なお、センサ素子12としては、前記測定用ポンプセル74を用いるほかに、図4に示すように、 NO_x を検出する電気化学的センサセルとして、前記測定用ポンプセル74の代わりに測定用酸素分圧測定セル90を用いるようにしてもよい。

【0070】この測定用酸素分圧測定セル90は、第1の固体電解質層14dの上面のうち、前記第2室22を形づくる上面に形成された検出電極92と、前記第1の固体電解質層14dの下面に形成された前記基準電極4

8と、前記第1の固体電解質層14dによって構成されている。

【0071】この場合、測定用酸素分圧測定セル90における検出電極92と基準電極48との間に、該検出電極92の周りの雰囲気と基準電極48の周りの雰囲気との間の酸素濃度差に応じた起電力（酸素濃度電池起電力） V_2 が発生することとなる。

【0072】従って、前記検出電極92及び基準電極48間に発生する起電力（電圧） V_2 を電圧計にて測定することにより、検出電極92の周りの雰囲気中の酸素分圧、換言すれば、被測定ガス成分（ NO_x ）の還元又は分解によって発生する酸素によって規定される酸素分圧が電圧値 V_2 として検出される。

【0073】そして、この起電力 V_2 の変化の度合いが、 NO_x の濃度を表すことになる。つまり、前記検出電極92と基準電極48と第1の固体電解質層14dとから構成される測定用酸素分圧測定セル90から出力される起電力 V_2 が、被測定ガス中の NO_x の濃度を表すことになる。

【0074】保護カバーの説明

そして、図1に示すように、センサ素子12を取り囲むように配置された第1の具体例に係る保護カバー200Aは、センサ素子12の先端部を覆う内側保護カバー100と、該内側保護カバー100を覆う外側保護カバー102と、前記内側保護カバー100と外側保護カバー102との間に設置された中間保護カバー104とを有して構成されている。

【0075】前記内側保護カバー100は、金属にて有底筒状に形成され、前記センサ素子12に対向する位置に複数の内側ガス導入孔106が形成され、底部（前端部）に内側ガス排出孔108が形成されている。

【0076】前記外側保護カバー102は、金属にて有底筒状に形成され、その側周面のうち、前記内側保護カバー100の内側ガス導入孔106に対向しない位置に外側ガス導入孔110を有する。

【0077】前記中間保護カバー104は、金属にて筒状に形成され、その前部に内側保護カバー100を挿通する開口112が形成され、後部に外側保護カバー102の内壁に当接するフランジ部114を有する。

【0078】フランジ部114は、その後端部分が横方向に屈曲され、その周端縁に後方に屈曲してなる屈曲部116が一体に形成されている。この屈曲部116の外周面が前記外側保護カバー102の内壁に当接されるようになっている。

【0079】また、前記フランジ部114は、図2に示すように、その前方周面に中間ガス導入孔を構成する複数のスリット118が形成されている。本実施の形態では6等配のスリット118が形成され、各スリット118は、フランジ部114の円周に対して中心角40°の円弧状を有する。なお、隣接するスリット118間には

10

20

30

40

50

中心角 20° の円弧状の隙間120が置かれている。

【0080】好ましい寸法関係は、外側保護カバー102の外側ガス導入孔110と中間保護カバー104の中間ガス導入孔（スリット118）の軸方向における最近接間隔L1と中間保護カバー104の中間ガス導入孔（スリット118）と内側保護カバー100の内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2との合計を少なくとも10mm以上とし、好ましくは18mm以上とする。

【0081】また、外側保護カバー102と中間保護カバー104との径方向の間、並びに外側保護カバー102と内側保護カバー100との径方向の間に、界面張力により水が溜まらない空隙を設けることが好ましい。

【0082】この場合、外側保護カバー102と内側保護カバー100との空隙Z1の寸法L3を少なくとも径方向に1.5mm以上とし、外側保護カバー102と中間保護カバー104との空隙Z1の寸法L4を少なくとも1.5mm以上とする。中間保護カバー104と内側保護カバー100との空隙Z2の寸法L5は1mm以上とするのが好ましい。

【0083】外側保護カバー102の底部から最も近接するガス排出孔（この実施の形態では内側ガス排出孔108）までの距離L6を少なくとも1.5mm以上とし、好ましくは3mm以上とする。

【0084】更に、図2に示すように、中間保護カバー104のフランジ部114に設けられたスリット118の径方向の幅wを0.5~1.5mmとし、図1に示すように、屈曲部116の内部に形成される空隙の高さhを約1.0mm以上にすることが好ましい。

【0085】第1の具体例に係る保護カバー200Aの具体的な寸法例を示すと、外側保護カバー102については、該外側保護カバー102の外径D_oが約14.2mmとされ、外側保護カバー102の側周面のうち、内側ガス排出孔108と外側保護カバー102の底部との間に、直径d₁=約2.5mmの外側ガス導入孔110が6等配に形成され、該外側保護カバー102の厚みは約0.4mmとされている。

【0086】内側保護カバー100は、金属にて有底円筒状に形成され、その外径D_iが約6.6mmとされ、その側周面のうち、センサ素子12に対向する部分に複数の内側ガス導入孔106が形成されている。この実施の形態では、直径d₂=約1.4mmの内側ガス導入孔106が6等配に形成され、これら6つの内側ガス導入孔106のうち、1つの内側ガス導入孔106がセンサ素子12における外側ポンプ電極42の形成面（第2の固体電解質層14fの表面）に対向する位置に設けられている。内側保護カバー100の底部に設けられた内側ガス排出孔108の径d₃は約2.0mmである。なお、内側保護カバー100の厚みは約0.3mmとされている。

【0087】中間保護カバー104においては、その外径D_cが約9.4mmとされ、その厚みは約0.3mmとされている。

【0088】そして、外側ガス導入孔110と中間ガス導入孔（スリット118）の軸方向における最近接間隔L1は約15.1mmであり、中間ガス導入孔（スリット118）と内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2は約3.3mmであり、外側ガス導入孔110と中間ガス導入孔（スリット118）の軸方向における最近接間隔L1と中間ガス導入孔（スリット118）と内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2との合計は約18.4mmである。

【0089】また、外側保護カバー102と中間保護カバー104との間の空隙Z1の径方向の寸法L4は約2mmであり、外側保護カバー102と内側保護カバー100との間の空隙Z1の径方向の寸法L3は約3.4mmである。

【0090】中間保護カバー104と内側保護カバー100との間の空隙Z2の径方向の寸法L5は約1.1mmであり、外側保護カバー102の底部から内側ガス排出孔108までの距離L6は約4mmである。

【0091】更に、中間保護カバー104のフランジ部114に設けられたスリット118の径方向の幅wは約1.0mmであり、屈曲部116の内部に形成される空隙122の高さhは約1.2mmである。

【0092】このように、第1の具体例に係る保護カバー200Aは、内側保護カバー100と外側保護カバー102からなる2重構造の保護カバーに、中間保護カバー104を設けた3重構造としているため、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができる。

【0093】外側保護カバー102の外側ガス導入孔110から入った水は、その大部分が中間保護カバー104の側面や内側保護カバー100の側面に当たり、ガスセンサ10内方への水の浸入が阻止される。即ち、水のセンサ素子12への浸入が阻止され、水は外側保護カバー102の外側ガス導入孔110を通じて遅滞なく外部に排出されることになる。

【0094】しかも、外側保護カバー102の外側ガス導入孔110から入った被測定ガスは、中間保護カバー104の中間ガス導入孔（スリット118）と内側保護カバー100の内側ガス導入孔106を通じてセンサ素子12に達し、その後、内側保護カバー100の底部に形成された内側ガス排出孔108と外側保護カバー102の外側ガス導入孔110を通じて排出されることになるが、内側保護カバー100の底部の内側ガス排出孔108付近が負圧となるため、被測定ガスは前記流通経路を急速に流れることになる。その結果、被測定ガスの拡散律速が小さくなり、速い応答性を図ることができる。

【0095】これにより、例えばこのガスセンサ10を

NO_x吸蔵触媒の下流側に取り付けて、触媒に吸蔵されたNO_xを還元するために、排気ガスの空燃比をリーンから理論空燃比又はリッチに切り換え、触媒からNO_xが完全に放出された段階で再びリーンに戻すというサイクルを考えたとき、触媒からNO_xが完全に放出されたことを早期に検出できるようになり、触媒から漏洩する未燃ガスを少なくすることができる。

【0096】次に、第2の具体例に係る保護カバー200Bについて図5を参照しながら説明する。なお、図1と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【0097】この第2の具体例に係る保護カバー200Bは、図5に示すように、第1の具体例に係る保護カバー200Aとほぼ同様の構成を有するが、中間保護カバー104の側周面のうち、内側保護カバー100の内側ガス導入孔106と外側保護カバー102の外側ガス導入孔110に対向しない位置に中間ガス導入孔130が形成されている点と、フランジ部114が横方向に屈曲された板片132で構成されている点で異なる。

【0098】中間ガス導入孔130は、それぞれ直径d4=約1.4mmであり、6等配に形成されている。

【0099】そして、外側ガス導入孔110と中間ガス導入孔130の軸方向における最近接間隔L1は約14.1mmであり、中間ガス導入孔130と内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2は約2.4mmである。

【0100】この第2の具体例に係る保護カバー200Bにおいても、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、しかも、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【0101】次に、第3の具体例に係る保護カバー200Cについて図6を参照しながら説明する。なお、図1と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【0102】この第3の具体例に係る保護カバー200Cは、図6に示すように、第2の具体例に係る保護カバー200Bとほぼ同様の構成を有するが、中間ガス導入孔130が、内側ガス導入孔106の形成位置よりも外側保護カバー102の底部寄りの位置に形成されている点で異なる。

【0103】そして、外側ガス導入孔110と中間ガス導入孔130の軸方向における最近接間隔L1は約7.9mmであり、中間ガス導入孔130と内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2は約3.0mmである。

【0104】この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【0105】次に、第4の具体例に係る保護カバー200Dについて図7及び図8を参照しながら説明する。なお、図6と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【0106】この第4の具体例に係る保護カバー200Dは、図7に示すように、第3の具体例に係る保護カバー200Cとほぼ同様の構成を有するが、内側保護カバー100の先端部が絞られて、その先端に直径約2mmの内側ガス排出孔108が形成されている点と、中間保護カバー104が、外側保護カバー102の内周壁に接する円筒部300と、該円筒部300の下部において内方に屈曲する屈曲部302とで一体に形成されている点で異なる。なお、内側保護カバー100の内側ガス導入孔106の径は約1.4mmであり、外側保護カバー102の外側ガス導入孔110の径は約2.0mmである。

【0107】前記屈曲部302は、図8に示すように、内側保護カバー100を挿通させるための貫通孔304が形成され、更に、この貫通孔304の周囲に例えば半楕円状の切欠き306が例えば5等配で形成されている。この切欠き306は、その深さkが約0.8mmであり、中間保護カバー104における中間ガス導入孔130を構成することになる。

【0108】そして、外側ガス導入孔110と切欠き306の軸方向における最近接間隔L1は約5.5mmであり、切欠き306と内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2は約6.3mmである。

【0109】この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【0110】次に、第5の具体例に係る保護カバー200Eについて図9及び図10を参照しながら説明する。なお、図7と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【0111】この第5の具体例に係る保護カバー200Eは、図9に示すように、第4の具体例に係る保護カバー200Dとほぼ同様の構成を有するが、中間保護カバー104が、内側保護カバー100の外周壁に接する円筒部310と、該円筒部310の下部において外方に屈曲するフランジ部312とで一体に形成されている点で異なる。

【0112】前記円筒部310は、図10に示すように、内側保護カバー100を挿通させるための中空部314が形成され、更に、このフランジ部312の周端縁に例えば半楕円状の切欠き316が例えば5等配で形成されている。この切欠き316は、その深さkが約0.8mmであり、中間保護カバー104における中間ガス導入孔130を構成することになる。

【0113】そして、外側ガス導入孔110と切欠き3

16の軸方向における最近接間隔L1は約5.5mmであり、切欠き316と内側ガス導入孔106の軸方向における最近接間隔L2は約6.3mmである。

【0114】この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【0115】ここで、2つの実験例（便宜的に第1及び第2の実験例）を示す。第1の実験例は、2.0リットルのガソリンエンジン（1800rpm・4kgm）の条件で、実施例1〜7に係るガスセンサと比較例1及び2に係るガスセンサをそれぞれコントローラセンサとして使用し、リッチとリーンを繰り返す周波数を測定したものである。

【0116】実施例1は、第2の具体例に係る保護カバー200Bとほぼ同じ構成を有し、実施例2は、第3の具体例に係る保護カバー200Cとほぼ同じ構成を有する。実施例3〜実施例5は、第1の具体例に係る保護カバー200Aとほぼ同じ構成を有し、特に、実施例3は、最近接間隔L1と最近接間隔L2との合計を18.4mmとしたものであり、実施例4は、最近接間隔L1と最近接間隔L2との合計を17.4mmとしたものであり、実施例5は、最近接間隔L1と最近接間隔L2との合計を16.4mmとしたものである。実施例6は、第4の具体例に係る保護カバー200Dとほぼ同じ構成を有し、実施例7は、第5の具体例に係る保護カバー200Eとほぼ同じ構成を有する。

【0117】一方、比較例1は、図11に示すように、第1の具体例に係る保護カバー200Aから中間保護カバー104を取り外して、外側保護カバー102と内側保護カバー100からなる二重構造とし、更に、内側保護カバー100のうち、センサ素子12と対向する位置に内側ガス導入孔106を形成し、外側保護カバー102に形成された外側ガス導入孔110と前記内側ガス導入孔106との軸方向における最近接間隔を短くして応答性を向上させたものである。

【0118】比較例2は、図12に示すように、第1の具体例に係る保護カバー200Aから中間保護カバー104を取り外して、外側保護カバー102と内側保護カバー100からなる二重構造とし、更に、耐飛水性を改善するために、内側保護カバー100の側周面のうち、センサ素子12と対向しない位置に内側ガス導入孔106を形成し、外側保護カバー102の側周面のうち、前記内側ガス導入孔106よりも後部寄りに外側ガス導入孔110を形成し、外側保護カバー102の底部にガス排出孔140を形成したものである。

【0119】第1の実験例の結果を図13に示す。この結果から、比較例1は、リミットサイクル周波数が0.79Hzと大きく、応答性が速いことがわかる。一方、比較例2は、耐飛水性を考慮した構造となっているた

め、リミットサイクル周波数が0.56Hzと小さく、応答性が遅くなっている。

【0120】実施例1〜7はリミットサイクル周波数が0.75Hz以上であり、中間保護カバー104を設けることによって応答性が向上していることがわかる。

【0121】実施例1では0.78Hz、実施例2では0.75Hz、実施例3では0.78Hz、実施例4では0.8Hz、実施例5では0.81Hz、実施例6では0.75Hz、実施例7では0.75Hzという結果から、第3の具体例に係る保護カバー200Cのように、フランジ部116に屈曲部130を一体形成する構造を採用することによって、応答性の向上のみを図った比較例1のリミットサイクル周波数0.79Hzとほぼ同じかそれ以上の周波数を得ることができ、応答性の向上の点で有利であることがわかる。

【0122】第2の実験例は、実施例1〜7に係るガスセンサと比較例1及び2に係るガスセンサにおいて、水掛かりの状況とセンサ素子12へのクラックの発生度合いをみたものである。

【0123】具体的には、水掛かりの状況は、触媒後方近傍に100ccの墨汁等により着色した水を溜め、1.5分間、ガスセンサを暖気した後、エンジンをスタートし、アイドル状態を10秒間維持させた後に、5000rpmのレーシングを1回実施し、センサ素子12への凝縮水の付着状態を10段階でみたものである。

【0124】センサ素子12に水が付着したか否かの判定は目視により行い、水滴付着率を算定した。

【0125】センサ素子12へのクラックの発生度合いは、各比較例及び各実施例毎に所定数のサンプルを用意し、これらサンプルのセンサ素子にクラックが発生している場合を「1」として累積し、この累積値を10段階評価したものである。

【0126】第2の実験例の結果を図14に示す。この図14において、水掛かりの状況における $n/10$ は、センサ素子12全体に対してどのくらい凝縮水が付着したかを示す指標であって、 n の数が10に近づくほど凝縮水が多く付着していることを示す。表現としては、 n の数が大きいほど水掛かり状況が悪く、 n の数が小さいほど水掛かり状況が良好という表現に統一する。従って、 $10/10$ は、センサ素子12全体に凝縮水が付着した状態で、水掛かり状況が最悪であることを示し、 $0/10$ は、センサ素子12に凝縮水がまったく付着しなかった状態で、水掛かり状況が最良であることを示す。

【0127】また、水掛かりの状況における $m/10$ は、センサ素子12にクラックが発生する度合い（確率）を示すものであって、 m の値が大きくなるほどクラックが発生し易いことを示し、 $0/10$ はクラックが全く発生しなかったことを示す。

【0128】図14の結果から、比較例1は、主に応答性の向上を目的として構成されているため、水掛かり状

況が10/10であってセンサ素子12全体に凝縮水の付着があり、センサ素子12にクラックが発生していた。

【0129】比較例2は、水掛かり状況が0/10であって凝縮水の付着がなく、センサ素子12へのクラックの発生もなかった。これは、比較例1の保護カバーが、主に耐飛水性の向上を目的として構成されているため、応答性は第1の実験例(図13参照)からもわかるように低下している。

【0130】実施例1~7は、実施例1や実施例6及び7において水掛かり状況が3/10~4/10と比較的水掛かり状況が悪くなっているが、全体としてみた場合、水掛かり状況は良好で、耐飛水性が改善されていることがわかる。また、センサ素子12へのクラックの発生はなかった。

【0131】このように、実施例1~7は、互いに相反する耐飛水性の向上と応答性の向上を共に実現させることができる。

【0132】次に、第6の具体例に係る保護カバー200Fについて図15を参照しながら説明する。なお、図1と対応するものについては、同符号を付してその重複説明を省略する。

【0133】第6の具体例に係る保護カバー200Fは、図15に示すように、第1の具体例に係る保護カバー200Aとほぼ同様の構成を有するが、中間保護カバー104が有底円筒状に形成され、該中間保護カバー104の前端部で内側保護カバー100の前端部を覆うように構成されている点で異なる。

【0134】そして、中間保護カバー104の前端面の中央に、直径 $d5$ =約2.0mmの中間ガス排出孔142が形成され、内側保護カバー100の内側ガス排出孔108の直径=径 $d3$ は約4.5mmとされている。

【0135】この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着(いわゆる水掛かり)を有効に防止することができ、しかも、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【0136】なお、この発明に係るガスセンサは、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0137】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るガスセンサによれば、耐飛水性のある保護カバーにおいて、ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、高い耐飛水性と速い応答性とを兼ね備えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の具体例に係る保護カバーを取り付けた本

実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図2】第3の具体例に係る保護カバーのフランジ部の構成を内側保護カバーの前端側から見て示す図である。

【図3】本実施の形態に係るガスセンサにおけるセンサ素子の一例を示す断面図である。

【図4】本実施の形態に係るガスセンサにおけるセンサ素子の他の例を示す断面図である。

【図5】第2の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図6】第3の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図7】第4の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図8】第4の具体例に係る保護カバーの屈曲部の構成を保護カバーの前端側から見て示す図である。

【図9】第5の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図10】第5の具体例に係る保護カバーの屈曲部の構成を保護カバーの前端側から見て示す図である。

【図11】比較例1の構成を示す図である。

【図12】比較例2の構成を示す図である。

【図13】第1の実験例(応答性をみる実験)の結果を示す特性図である。

【図14】第2の実験例(耐飛水性をみる実験)の結果を示す表図である。

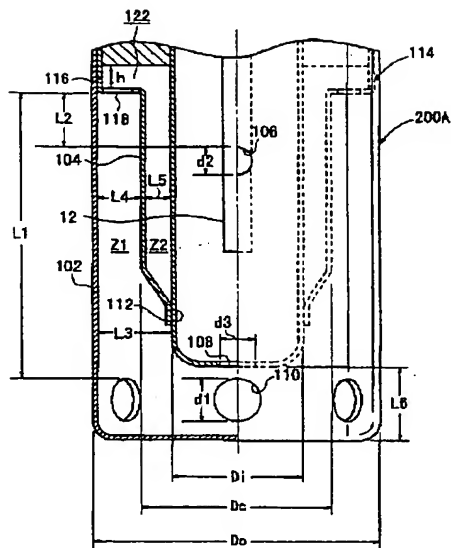
【図15】第6の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【符号の説明】

10…ガスセンサ	12…センサ素子
100…内側保護カバー	102…外側保護カバー
104…中間保護カバー	106…内側ガス導入孔
108…内側ガス排出孔	110…外側ガス導入孔
114…フランジ部	116…屈曲部
118…スリット	130…中間ガス導入孔
142…中間ガス排出孔	200A~200F…保護カバー

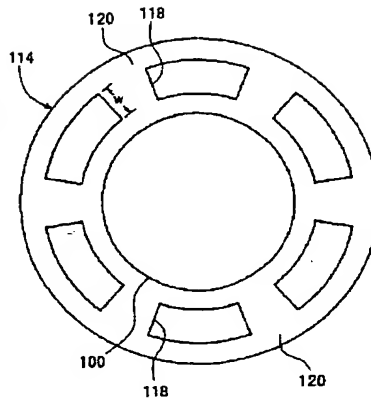
【図1】

FIG. 1



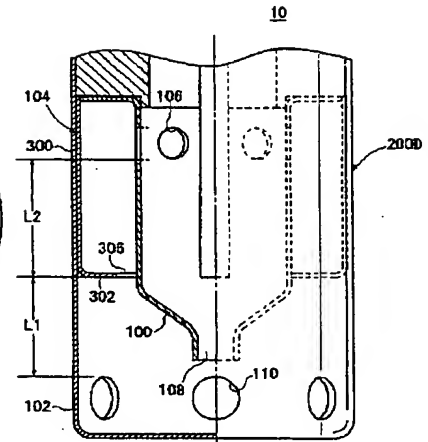
【図2】

FIG. 2



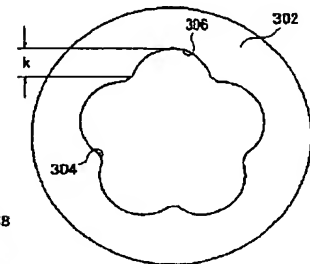
【図7】

FIG. 7



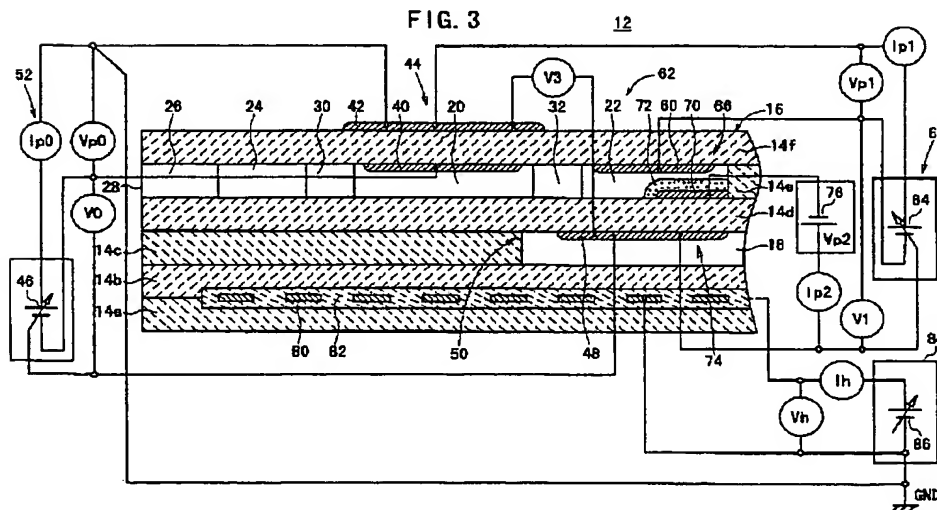
【図8】

FIG. 8



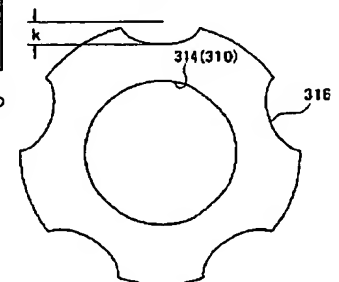
【図3】

FIG. 3

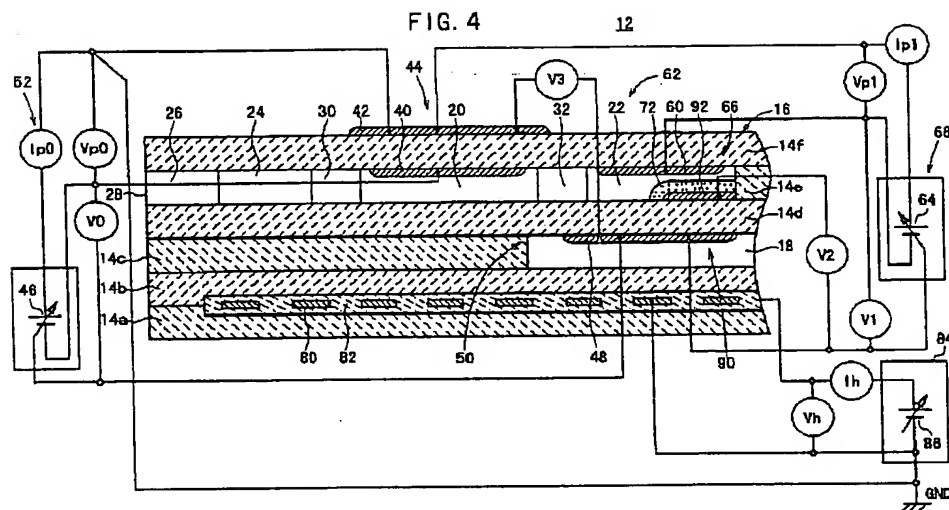


【図10】

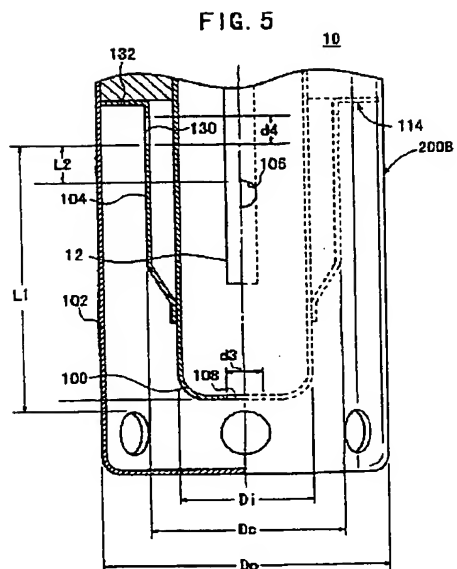
FIG. 10



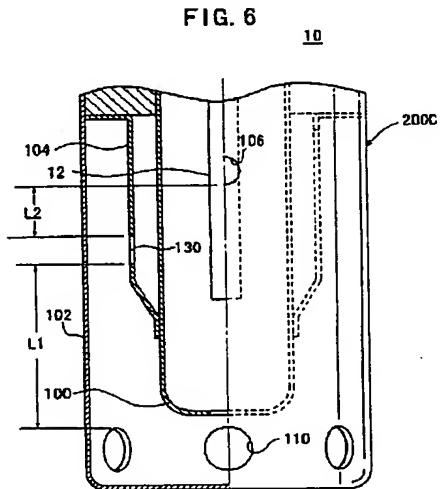
【図 4】



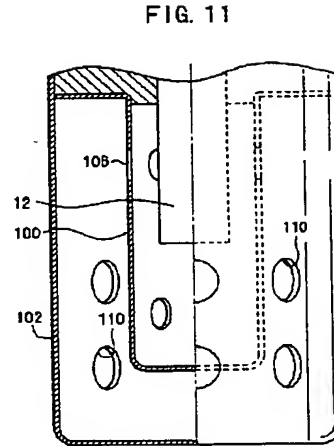
【图 5】



【図6】

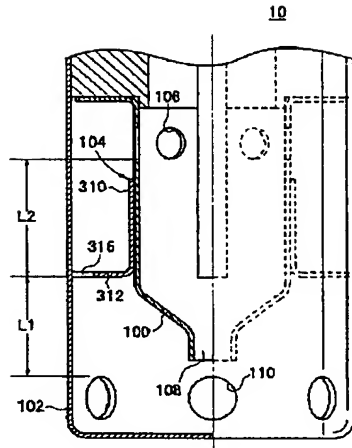


【图 1-1】



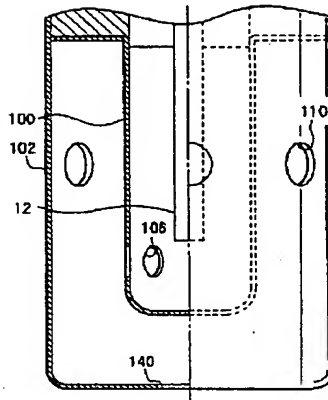
【図9】

FIG. 9



【図12】

FIG. 12



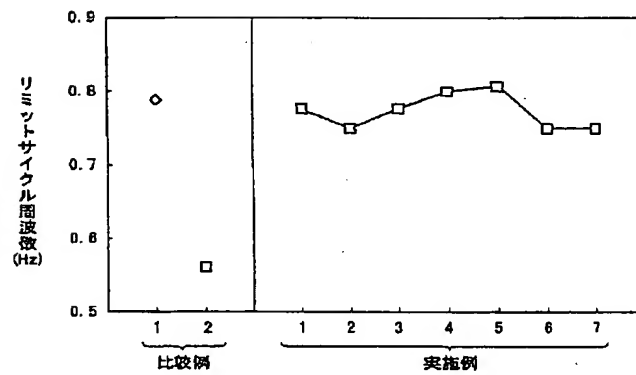
【図14】

FIG. 14

	水掛かりの状況	クラック
比較例1	10/10	2/10
比較例2	0/10	0/10
実施例1	3/10	0/10
実施例2	2/10	0/10
実施例3	0/10	0/10
実施例4	1/10	0/10
実施例5	1/10	0/10
実施例6	3/10~4/10	0/10
実施例7	3/10~4/10	0/10

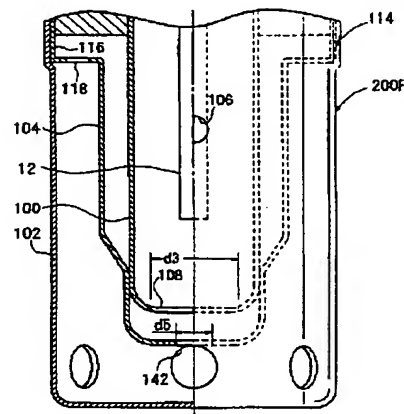
【図13】

FIG. 13



【図15】

FIG. 15



フロントページの続き

(72)発明者 濱田 安彦
愛知県名古屋市長瀬区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内

Fターム(参考) 2G004 BB04 BF18 BF19 BF20 BF27
BF30 BJ03 BM04